

Ťažké kovy v čistiarenských kaloch

Samešová, D.: *Heavy Metals in Sewage Sludge. Životné prostredie*, 2012, 46, 5, p. 232 – 236.

Heavy metals in sewage sludge. The aim of this contribution is to briefly characterize, possibilities and restrictions for use in landfarming. Sewage sludge is a complex mixture of the anorganic and the organic solids and colloids, which were divided in the progress of waste water treatment. A direct application of the sludge into the land is considered as the best way to return organic compounds and nutrients into the land. The direct application of the sewage sludge into the land is very low in our country, there is more share of the composted sludge. The main reason why sludge is not applied into the land is due to high concentration of the selected risk elements. We have rules for the application of sewage sludge into the land according the Act No. 188/2003 Coll. about application of the sewage sludge and bottom sediments into the land and about supplement of Act No. 223/2001 Coll. about the waste. Further, we briefly indicated selected characteristics of toxic elements, which are given restrictions for the application of sewage sludge into the land. Methods of removing heavy metals from sludge are shortly described.

Key words: sewage sludge, heavy metals, manure

Podľa údajov SHMÚ (2010) je na Slovensku ročne vypúšťaných takmer 750 mil. ton odpadových vôd z bodových zdrojov do povrchových tokov. Z tohto množstva je približne 92 % odpadových vôd čistených, pričom najväčší podiel majú splaškové a komunálne odpadové vody. Štandardne sa splaškové (komunálne) odpadové vody čistia mechanicko-biologickým spôsobom. Sprievodným javom tohto čistenia je produkcia kalov. V roku 2010 predstavovala celková produkcia kalu v SR 54 760 t sušiny. Podľa MŽP SR a VÚVH (2011) sa z celkového množstva sušiny kalu využilo v pôdnych procesoch až 48 063 t (87,77 %), dočasne sa uskladnilo 6 681 t (12,20 %) a na skládky sa uložilo 16 t sušiny kalu (0,03 %). Priamo do poľnohospodárskej pôdy sa kal aplikoval minimálne, v množstve 923 t. Pod využitím v pôdnych procesoch je zahrnutá výroba kompostu, použitých bolo 35 289 t (64,44 %) sušiny kalu, zvyšok tvorí iný spôsob (rekultivácia skládok, hald, líniových stavieb, plôch a pod.). Podľa údajov zverejnených na *enviroportal.sk* sa do pôdy v roku 2010 aplikovalo 3 645 t (tab. 1).

Dôvody, prečo nie sú kaly viac využité do pôdy sú viaceré, je to však najmä prekračovanie povolených limitov vybraných rizikových látok. Nakladanie s kalmi podľa kritérií, ktorých spoločným menovateľom je ochrana životného prostredia, podlieha v zásade právnym predpisom podľa zákona o vodách, zákona

o odpadoch a zákona o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy.

Čistiarenský kal

Ide o zložitú suspenziu tuhých anorganických a organických látok a koloidov, ktoré sa oddelili v priebehu procesu čistenia z odpadových vôd. Čistiarenské kaly obsahujú základné živiny, stopové prvky, ale aj rôzne toxické chemické látky či patogénne mikroorganizmy. V kaloch je skoncentrovaných okolo 50 až 80 % pôvodného znečistenia odpadových vôd. Podľa toho, kde kaly na čistiarni odpadových vôd (ČOV) vznikajú, delia sa na kal primárny a sekundárny. *Primárny kal* obsahuje usaditeľné látky obsiahnuté v odpadovej vode (kal z primárnych usadzovacích nádrží), má spravidla zrnitú štruktúru, sušina sa pohybuje v rozpätí 2 až 50 g.l⁻¹. *Sekundárny kal (prebytočný)* je tvorený zmesou mikroorganizmov a usaditeľných látok z biologického stupňa ČOV. Tento kal sa odvádza z dosadzovacích nádrží, jeho koexistencia je vložkovitá, zloženie ovplyvňuje spôsob čistenia a vstupná odpadová voda. *Surový kal* a sekundárny kal sa označuje ako tzv. surový. *Surový kal* je mikrobiálne stále aktívny, môže obsahovať patogénne mikroorganizmy, celkový obsah organických látok v sušine je okolo 70 %. Stabilizáciou sa rozložiteľné organické látky odbúrajú, kal sa môže odvodniť a považuje sa za zdravotne neškodný. Stabilizácia kalov sa vykonávala

Tab. 1. Aplikácia čistiarenského kalu do pôd Slovenska a obsah ťažkých kovov

Rok	Množstvo aplikovaného kalu (t)	Obsah vybraných kovov (mg.kg ⁻¹ sušiny)						
		Kadmium	Chróm	Meď	Ortuť	Nikel	Olovo	Zinok
2003	17 245	2,530	85,70	284	5,200	52,6	131,0	1 460,0
2004	12 067	1,840	115,00	286	3,120	23,9	72,6	1 130,0
2005	5 870	2,010	74,30	2 180	2,800	26,3	58,1	1 235,0
2006	1 190	0,300	35,00	107	0,294	16,0	7,0	344,0
2007	87	1,157	52,65	169	1,148	24,2	52,5	1 808,5
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	80	3,100	72,20	292	1,440	47,2	87,5	3 193,0
2010	3 645	1,000	85,00	216	2,000	23,1	39,1	1 190,0

Zdroj: Aplikácia čistiarenského kalu do pôdy (http://www1.enviroportal.sk/indikatory/detail.php?kategoria=124&id_indikator)

v minulosti hlavne aeróbne na kalových poliach, postupne sa na ČOV na území Slovenska zaviedla anaeróbna stabilizácia kalov – metanizácia, kedy je výsledným produktom bioplyn a stabilizovaný kal. Metanizácia je v EÚ najrozšírenejším procesom stabilizácie kalov, pri ktorej sa využije 40% organických látok prítomných v surovom kale (Gray, 2005). Stabilizácia kalov nemusí bezpodmienečne znamenať aj hygienizáciu, t. j. aj v stabilizovanom kale môžu byť prítomné patogénne mikroorganizmy v nadlimitnom množstve. V niektorých veľkých čistiarniach so spoločným spracovaním bioodpadov a kalov je primárny a prebytočný kal hygienizovaný už pred anaeróbnym vyhnívaním, napr. ČOV Budapešť-juh, kde sa využíva anaeróbne vyhnitý kal spolu s bioodpadom na výrobu elektrickej energie.

Využitie čistiarenských kalov v poľnohospodárstve

Čistiarenské kaly sú bohatým zdrojom organickej hmoty, živín (hlavne dusíka a fosforu) a stopových prvkov, môžu výrazne zlepšiť fyzikálno-chemické aj biologické vlastnosti pôdy. Základnou podmienkou využitia stabilizovaných a hygienizovaných čistiarenských kalov v poľnohospodárstve je zabránenie kontaminácie pôdy, resp. podzemnej vody. Z tohto pohľadu je dôležitý správny manažment podporený legislatívou. Aplikácia kalov a sedimentov do poľnohospodárskej a lesnej pôdy v Slovenskej republike je upravená v zákone č. 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy. Využívanie kalov na pôdu v členských krajinách EÚ je rôzne, niektoré členské štáty (Belgicko – Valónsko, Dánsko, Španielsko, Francúzsko, Írsko, Spojené kráľovstvo a Maďarsko) až 50% a viac vyprodukovaných kalov dávajú na pôdu. Na druhej strane Fínsko, Švédsko a Slovinsko používajú menej než 17% vyprodukovaných kalov na pôdu, zatiaľ čo Grécko, Holandsko, Belgicko – Flámsko, Slovensko a Česká republika rozmiestňujú kaly priamo na poľnohospodársku pôdu len málo alebo

vôbec. Medzi jednotlivými členskými štátmi sú rozdiely v celkovom prístupe, u niektorých vidno klesajúcu tendenciu. Tiež v niektorých členských štátoch alebo ich regiónoch právne predpisy zakazujú alebo výrazne obmedzujú rozmiestňovanie kalov na poľnohospodársku pôdu, čo je dané prísnejšími limitnými hodnotami pre ťažké kovy a niekedy aj pre organické zložky.

Kompostovanie

Kompostovanie je riadený proces, pri ktorom sú organické látky z kalu biologicky, za aeróbnych podmienok rozložené na stabilizovaný materiál – kompost, ktorý sa po splnení legislatívnych podmienok používa na úpravu pôdných vlastností.

Pre výrobu kompostu je vhodný surový aj anaeróbne stabilizovaný kal, ktorý sa odvodňuje na sušinu 18 – 30%. Odvodnený kal sa mieša s prídavným organickým materiálom z dôvodu úpravy zloženia. Ako prídavný materiál možno využiť: piliny, slamu, seno, trávu, kôru, štiepky. Vhodný pomer C/N je 20 : 1 až 30 : 1. V priebehu kompostovania dochádza k rozkladu organických látok, konečným produktom rozkladu je biomasa – stabilizovaný kompost, H₂O a CO₂.

Priama aplikácia

Všeobecne sa dnes považuje priama aplikácia čistiarenských kalov do pôdy za jeden z najvhodnejších spôsobov, ako do pôdy vrátiť organické látky a živiny. Priame použitie čistiarenských kalov je viazané na hygienickú nezávadnosť tak z hľadiska obsahu rizikových prvkov, ako aj mikroorganizmov. Pre aplikáciu čistiarenského kalu alebo dnových sedimentov sú legislatívou stanovené podmienky, kedy je ich aplikácia do poľnohospodárskej pôdy povolená, resp. zakázaná (zákon č. 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov). Do poľnohospodárskej

Tab. 2. Limitné hodnoty koncentrácií ťažkých kovov v kaloch na použitie v poľnohospodárstve

Rizikový prvok	Obsah (mg.kg ⁻¹ sušiny)
As	20
Cd	10
Cr	1 000
Cu	1 000
Hg	10
Ni	300
Pb	750
Zn	2500

Zdroj: Príloha č. 1 k zákonu č. 188/2003 Z. z.

pôdy je možné aplikovať čistiarenský kal alebo dnové sedimenty, ktoré sú analyzované na obsah rizikových látok podľa uvedeného zákona, len ak koncentrácia rizikových látok v pôde je nižšia ako limitné hodnoty (tab. 2) a tieto nebudú prevyšené ani po aplikácii kalov. Do lesnej pôdy možno aplikovať čistiarenský kal a dnové sedimenty len zapracovaním a pri zalesňovaní na pôdach, kde je potrebné doplniť živiny.

Dávkovanie čistiarenského kalu alebo dnových sedimentov je potrebné započítať do bilancie živín v súlade s ustanovením § 7 zákona č. 555/2004 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 136/2000 Z. z. o hnojivách, pričom jednorazová dávka čistiarenského kalu alebo dnových sedimentov, ako aj ich celkové množstvo aplikované do poľnohospodárskej pôdy, nesmie byť v priebehu piatich po sebe nasledujúcich rokov vyššia ako 15 ton sušiny na hektár.

Pri aplikácii do poľnohospodárskej pôdy nesmie celkové množstvo dusíka v čistiarenskom kale a v dnových sedimentoch prevýšiť 75 % dávky potrebnej pre vyhnojenie najbližšie pestovanej poľnohospodárskej plodiny.

Zakazuje sa aplikácia čistiarenského kalu s obsahom sušiny pod 18 % s výnimkou malých čistiarní odpadových vôd s ekvivalentným počtom obyvateľov pod 5 000. Aplikácia čistiarenského kalu a dnových sedimentov

je tiež zakázaná do poľnohospodárskej pôdy alebo do lesnej pôdy v ochrannom pásme vodárenských zdrojov I. a II. stupňa, ďalej pri veľmi kyslých pôdach (pH je nižšie ako 5), pri pôdach so svahovitostou nad 12.

Aplikácia čistiarenského kalu a dnových sedimentov je zakázaná aj na:

- trvalé trávne porasty alebo krmoviny na ornej pôde, ak by mala byť tráva spásaná alebo krmoviny zberané skôr ako uplynie päť týždňov od aplikácie;
- poľnohospodársku pôdu, na ktorej sa práve pestuje ovocie a zelenina, okrem ovocných stromov;
- poľnohospodársku pôdu, určenú na pestovanie ovocia a zeleniny, ktorých zberané časti sú v priamom kontakte s pôdou a konzumujú sa surové, a to desať mesiacov pred zberom úrody a počas samotného zberu.

Ťažké kovy

Pokiaľ ide o kvalitu kalov používaných do pôdy vzhľadom na koncentráciu ťažkých kovov, priemerné koncentrácie v krajinách EÚ (tab. 3) sa väčšinou nachádzajú dosť hlboko pod limitnými hodnotami stanovenými v prílohe Smernice Rady č. 86/278/EHS o ochrane životného prostredia a najmä pôdy pri použití splaškových kalov. Obsah niektorých kovov vykazuje nadpriemerné hodnoty len v Spojenom kráľovstve. Medzi jednotlivými členskými štátmi existujú rozdiely, potvrdzuje sa všeobecná tendencia pomalého, ale trvalého poklesu ťažkých kovov v čistiarenských kaloch. Na Slovensku v roku 2010 nebolo možné zhodnocovať kal priamou aplikáciou do poľnohospodárskej pôdy iba z 9 ČOV (cca 3,6 % kalovej produkcie). Problémové sú oblasti, v ktorých je trvalo zvýšená koncentrácia ťažkých kovov v pôde (vode) vplyvom bývalej či súčasnej antropogénnej činnosti, resp. vplyvom prirodzene zvýšeného obsahu kovov v danom prostredí.

Bioprístupnosť ťažkých kovov v pôde úzko súvisí s hodnotou výmennej pôdnej reakcie (pH pôdy merané v KCl alebo v CaCl₂ forme), ako aj so sorpčnými vlastnosťami pôdy, ktoré sa prídavkom čistiarenských kalov menia. Podľa rôznych štúdií dostupnosť ťažkých kovov

Tab. 3. Priemerné obsahy rizikových prvkov v kaloch z čistiarní odpadových vôd niektorých štátov Európskej únie (mg.kg⁻¹ sušiny)

Vybrané štáty	Olovo	Kadmium	Chróom	Ortuť	Nikel	Zinok	Meď	Arzén
Česká republika	103	3,2	162	3,8	44	1 478	236	13
Spojené kráľovstvo	820	-	980	-	510	4 100	970	-
Švédsko	281	13,0	872	-	121	2 055	791	-
Nemecko	159	3,8	91	-	-	1 318	330	-
Španielsko	119	3,0	277	-	108	293	179	-
Slovensko	63	2,0	33	1,9	18	1 915	115	1,5

Zdroj: Raclavská (2007)

v pôdach klesá v poradí $(Zn + Cd) > (Ni + Cu) > (Pb + Cr)$. V súvislosti s fyzikálno-chemickými pochodmi môže však po čase dochádzať ku kumulácii ťažkých kovov, preto je potrebné ich koncentráciu po aplikácii kalov dlhodobu sledovať. Neriadená aplikácia kalov do pôdy pred rokom 2003 viedla v niektorých lokalitách Slovenska k výraznému nárastu ťažkých kovov v pôdach (Szabová a kol., 1998). Bezpečným riešením je znížiť koncentráciu ťažkých kovov v kaloch pred vstupom do pôdy na minimum.

V samotných čistiarenských kaloch je mobilita kovov rôzna a závisí od mnohých faktorov. Výskumom, ktorý sme realizovali na Fakulte ekológie a environmentalistiky vo Zvolene, sme zistili, že kumulácia vybraných kovov (pre ktoré sú dané limity) v čistiarenských kaloch je výrazne ovplyvnená typom stabilizácie a tiež spôsobom úpravy pred odvodnením (Đuricová, 2010). Zaznamenali sme vyššie hodnoty koncentrácií kovov v kale stabilizovanom anaeróbne ako v kale aeróbnom. Použitie flokulantov tiež poukazuje na ich rôzny vplyv uvoľňovania a viazania kovov v kaloch, napr. v konkrétnych podmienkach prídavok flokulantu najviac pôsobil na koncentráciu medi (Cu) v kale, pričom dochádza k jej uvoľňovaniu z kalu. Opačne sa správa železo (Fe), ktoré bolo po prídavku flokulantu do kalu viazané.

Stručná charakteristika vplyvu sledovaných kovov na poľnohospodársku produkciu

Kadmium

Kadmium sa v pôde kumuluje najviac vo vrchnej vrstve, s pribúdajúcou hĺbkou jeho koncentrácia klesá. Lahko prechádza do roztoku a vyskytuje sa ako kation Cd^{2+} . Kadmium s humínovými kyselinami vytvára komplexy, ktoré sú menej stabilné ako komplexy s meďou a olovom. Obsah kadmia v pôde významne ovplyvňujú tiež pôdne mikroorganizmy. Najintenzívnejšou kumuláciou kadmia sa vyznačujú pletivá koreňov, potom nasledujú listy, stonky, plody a zásobné orgány. Kadmium negatívne vplyva na biochemické procesy. Vyvoláva zmeny permeability bunecnej steny, vplyva na fotosyntézu, traspiráciu, inhibuje syntézu proteínov. Medzi najčastejšie uvádzané symptómy fytotoxicity kadmia patria chloróza listov, hnednutie koreňových vláskov, prípadne špičiek koreňov rastlín, červenohnedé sfarbenie listovej žilnatiny a výskyt fialovohnedých škvŕn na listoch, v extrémnych prípadoch usychanie a opadávanie listov.

Zinok

Zinok v optimálnom koncentračnom intervale patrí k esenciálnym prvkom pre rastlinný, aj živočíšny organizmus. Nebezpečnosť vysokých koncentrácií zinku v pôde je v jeho fytotoxicite a pri vysokých obsahoch môže znižovať pôdnu úrodnosť. Toxicita zinku sa prejavuje v redukcii rastu koreňov a listov. Vysoký obsah zinku v pôdnom roztoku depresívne pôsobí na príjem

fosforu a železa. Tolerantné druhy rastlín, ktoré dobre rastú aj na pôdach s abnormálne vysokou koncentráciou zinku, ho metabolicky viažu do bunkových stien. Vysoké koncentrácie zinku majú negatívny účinok aj na človeka, čo sa prejavuje gastroendokrínologickými a respiračnými poruchami.

Meď

Meď má vysokú afinitu k tvorbe komplexných zlúčenín. V optimálnom koncentračnom rozsahu patrí medzi esenciálne prvky pre rastliny aj živočíchy. Nadmerný príjem medi má negatívny účinok na gastroendokrínologický i respiračný systém a štatisticky preukázaný karcinogénny účinok. Meď sa výraznejšie akumuluje v povrchovom horizonte pôd v dôsledku jej vysokej afinity k organickej hmote a bioakumulácii. Stabilita organických komplexov medi stúpa so stúpajúcou hodnotou pH, čo je spojené s konformačnými zmenami v molekule humínových kyselín. Ku kľúčovým reakciám, ktoré ovplyvňujú distribúciu medi v pôde patria chelatizácia (tvorba cyklických komplexov) a komplexácia. Mnohé zlúčeniny medi sú potenciálne toxické, najmä rozpustné soli medi – napr. pentahydrát síranu meďnatého (modrá skalica) a chlorid meďný, ktoré sú súčasťou prípravkov na ošetrovanie rastlín.

Arzén

Dostupnosť a distribúcia arzénu v pôdach vyplýva hlavne z klimatických a geomorfologických charakteristik danej oblasti. Zastúpenie rôznych foriem arzénu a ich mobilita závisí od fyzikálno-chemických vlastností pôdy, podielu humusu, ale aj od mikrobiálnej činnosti. Mikroorganizmy využívajú arzén ako prekursor pre oxidačné, redukčné, metylačné aj demetylačné procesy. Mobilita arzénu je v pôdach obmedzená sorpciou na ílové minerály, organické látky a hydratované oxidy železa, v menšej miere i sorpciou na hydratované oxidy hliníka a mangánu a prípadne tvorbou sekundárnych minerálov. Všeobecne sú arseničnany pre rastliny menej toxické ako arsenitany. Arsenitan sodný spôsobuje vädnutie rastlín, ktoré vyvoláva zmenami v membránovej integrite. Arseničnany spôsobujú žltnutie listov.

Olovo

Olovo je najrozšírenejším ťažkým kovom a jeho príjem z potravín, vzhľadom k toxicite zlúčenín olova, patrí k najrizikovejším. Prirodzeným zdrojom olova pre rastliny je jeho obsah v pôde, ktorý je podmienený geologickými vlastnosťami podložia. Olovo sa kumuluje v povrchových vrstvách pôdy, čo prispieva k jeho väčšiemu kolobehu v ekosystémoch, a tým sa podstatne zvyšuje jeho nebezpečenstvo pre človeka a zvieratá. Jedným z hlavných zdrojov olova v kontaminovaných pôdach sú imisie z hutí, aplikácie čistiarenských kalov a hnojív do pôdy, doprava i gravitačné depozície (dažďom, snehom, krúpami a pod.). Väčšinou sa olovo kumuluje v koreňo-

vom systéme, na niektoré rastliny pôsobí fyto toxicky až v extrémne vysokých koncentráciách. Preto môžu veľmi úspešne vegetovať i rastliny, v ktorých je obsah olova z hygienického hľadiska neprípustný.

Chróom

Prítomnosť chrómu vo vonkajšom prostredí vedie k zmenám rastu a vývoja rastlín, je vysoko toxický pre rast koreňa a nadzemných častí rastlín. Zistený bol nepriaznivý účinok chrómu na rast koreňa *Sinapis alba* (horčica biela), ktorý sa vyrovnal účinku ortuti a bol dokonca silnejší ako účinok kadmia a olova. Toxické pôsobenie chrómu nemusí byť hneď viditeľné, z tohto dôvodu niektorí autori upozorňujú, že je vhodné doplniť ekotoxikologické testy aj hodnotením genotoxického účinku, ktorý sa prejavuje už pri koncentráciách rádovo nižších ako sú koncentrácie vyvolávajúce fyto toxicitu.

Ortuť

Ortuť a jej zlúčeniny sú vysoko toxické pre ľudí, ekosystémy a voľne žijúcu zver. Znečistenie ortuťou, na ktoré sa spočiatku hľadelo ako na naliehavý, ale iba miestny problém, sa v súčasnosti považuje aj za globálny, rozšírený a trvalý problém. Vysoké dávky ortuti môžu byť pre ľudí smrteľné, ale aj pomerne nízke dávky môžu mať vážne následky na nervový systém a vývoj. V ostatnom čase sa dávajú do súvislosti s možnými škodlivými účinkami na kardiovaskulárny, imunitný a rozmnožovací systém. Ortuť spomaľuje aj mikrobiologické procesy v pôde, v zmysle rámcovej smernice o klasifikácii stavu vnútrozemskej povrchovej vody patrí k najvýznamnejším nebezpečným látkam. Ortuť pôsobí dlhodobo a v prostredí sa môže zmeniť na metylortuť, čo je najtoxickéjšia forma. Fyto toxicita ortuti závisí od jej formy a sorpcie. Elementárna ortuť je potenciálnym zdrojom vysokotoxických pár. Rastliny vykazujú rôznu mieru tolerancie voči ortuti.

Nikel

V porovnaní s ostatnými ťažkými kovmi ako kadmium a zinok je nikel v pôde slabšie sorbovaný. Adsorpcia niklu na pôdu klesá s komplexáciou a nárastom organického podielu v pôde. Mobilita niklu vzrastá s poklesom pH. Rastliny prijímajú nikel z pôdy prevažne koreňmi a majú schopnosť ho kumulovať. Nikel pozitívne ovplyvňuje rast rastlín, avšak jeho vysoký obsah naopak rast obmedzuje a potláča fotosyntézu a transpiráciu. Pre človeka je nikel pri veľkých alebo pravidelne zvýšených dávkach toxický, zvyšuje riziko vzniku rakoviny a patrí tiež medzi teratogény.

* * *

Zavedením opatrení na ochranu vôd možno očakávať nárast produkcie kalov. V tejto súvislosti vzrastá

dôležitosť neškodného nakladania s čistiarenskými kalmi. V literatúre sa sporadicky objavujú zmienky o možnom zdravotnom riziku pri aplikácii čistiarenských kalov na poľnohospodársky využívanú pôdu aj pri dodržaní všetkých obmedzení vyplývajúcich z platných predpisov. Z tohto aspektu, ak sa kaly nemajú vylúčiť z ich najprirodzenejšieho spôsobu využitia, je nutné zvažovať ako znížiť koncentráciu ťažkých kovov. V princípe je možné využiť niekoľko spôsobov:

- úprava odpadovej vody s vysokým obsahom kovov pred vstupom na biologickú ČOV;
- úprava vlastných procesov čistenia odpadových vôd, resp. procesov stabilizácie kalov;
- odstránenie ťažkých kovov z kalov.

Možnosti odstraňovania ťažkých kovov z kalov boli študované a realizované najmä v rámci remediačných postupov. V princípe sú tieto metódy vhodné a účinné aj pre kaly z ČOV, otázkou je vysoká cena za úpravu kalov a možné technologické problémy.

Pre odstraňovanie kovov z kalov je možné využiť známe chemické, fyzikálno-chemické, aj biochemické metódy. Väčšinou sú vhodné postupy, ktoré boli vyvinuté pre sanáciu kontaminovaných pôd. Kovy z pôdy (kalu) môžu byť extrahované anorganickými aj organickými kyselinami alebo chelačnými činidlami. Po prídavku kyselín kovy prechádzajú do roztoku, účinnosť extrakcie závisí od schopnosti kovu rozpúšťať sa. Testované bolo využitie kyseliny sírovej, dusičnej, z organických kyselín je perspektívna kyselina citrónová. K moderným rozvíjajúcim sa postupom patrí biolúhovanie.

Literatúra

- Đuricová, A.: Výskum nakladania s odpadovým kalom v čistiarnach odpadových vôd. Zvolen: FEE TU vo Zvolene, 2010, s. 82 – 84.
- Gray, N. B. F.: Water Technology. UK: Elsevier Ltd., 2005, 579 p.
- MŽP SR a VÚVH: Situačná správa o zneškodňovaní komunálnych odpadových vôd a čistiarenských kalov v Slovenskej republike za roky 2009 a 2010. Bratislava: MŽP SR a VÚVH, 2011, s. 23 – 24.
- Raclavská, H.: Technologie zpracování a využití kalů z ČOV. Ostrava: VŠB-TU, 2007, 171 s.
- SHMÚ: Vodohospodárska bilancia kvality povrchovej vody SR v roku 2010. (http://www.shmu.sk/File/VHB/rok2010/internet_vodohosp-bilancia-kvalityPV_text_2010.pdf)
- Szabová, T. a kol.: Kumulácia ťažkých kovov v pôdach po aplikácii čistiarenských kalov. Acta Montanistica Slovaca, 1998, 3, 4, s. 473 – 477.

Doc. Ing. Dagmar Samešová, PhD.,
samesova@tuzvo.sk

Katedra environmentálneho inžinierstva Fakulty ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, ul. T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen